

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-79

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичного заняття та самостійної роботи
на тему

«Розрахунок водоочисної станції»

з навчальної дисципліни «Водопостачання та
водовідведення» для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійними
програмами спеціальності 103 «Науки про Землю»
усіх форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІВГП
Протокол № 5 від 28.01.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання практичного заняття та самостійної роботи на тему «Розрахунок водоочисної станції» з навчальної дисципліни «Водопостачання та водовідведення» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами спеціальності 103 «Науки про Землю» усіх форм навчання [Електронне видання] / Орлова А. М., Мартинов С. Ю. – Рівне : НУВГП, 2020. – 26 с.

Укладачі: Орлова А. М., канд. техн. наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи;
Мартинов С. Ю., докт. техн. наук, професор,
завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск – Мартинов С. Ю., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності 103 «Науки про Землю» – Мельничук В. Г., докт. геол. наук, професор.

© Орлова А. М.,
Мартинов С. Ю., 2020
© НУВГП, 2020

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА.....	3
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ « Розрахунок водоочисної станції»	
Порядок виконання роботи	4
Підготовка води з підземного джерела	4
Розрахунок установки для знезалізнення води методом аерації та напірного фільтрування	9
Розрахунок установки для знезаражування води	10
Вибір технологічної схеми прояснення та знебарвлення води	14
Складання попередньої висотної схеми станції прояснення та знебарвлення води	15
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ТА ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ	19
ДОДАТКИ	21

П Е Р Е Д М О В А

Водопостачання, як галузь, забезпечує стабільне функціонування промисловості, задовольняє соціальні, гігієнічні, культурно-естетичні господарські та інші потреби населення. Для забезпечення водою населення та промислово-господарського комплексу необхідно мати цілий ряд споруд для забору, підняття, очищення, накопичування, транспортування, розподілу води. Набір цих споруд залежить від наявності і показників якості водних джерел, вимог споживачів до води та кількості споживачів, складу самих споживачів, наявності обладнання, матеріалів тощо.

П РА К Т И Ч Н Е З А Н Я Т Т Я

«РОЗРАХУНОК ВОДООЧИСНОЇ СТАНЦІЇ»

Мета: Отримання навичок у виконанні розрахунків станцій водоочищення.

Обладнання: методичні вказівки, довідкова та нормативна література, калькулятор.

Порядок виконання роботи

1. Розрахунок установки для знезалізнення води.
2. Розрахунок установки для знезаражування води.
3. Вибір технологічної схеми прояснення та знебарвлення води.
4. Складання попередньої висотної схеми станції прояснення та знебарвлення води.

Підготовка води з підземного джерела

На водоочисних станціях обробки підземних вод найчастіше використовують технологічні процеси знезалізнення та знефторювання, а при обробці поверхневих вод здійснюють процеси прояснення, знебарвлення, дезодорації. В усіх випадках передбачається знезаражування води, яке здійснюється хлоруванням її рідким хлором, розчином гіпохлориту натрію або бактерицидним опроміненням.

Знезалізнення води. Залізо у воді в тій чи іншій формі може бути присутнім абсолютно в будь-яких джерелах водопостачання. Найчастіше воно зустрічається в таких формах (рис. 1.1):

- ✓ *двовалентне залізо* – це повністю розчинене залізо та вода при цьому залишається прозорою. Але якщо дати воді відстоятися у відкритій місткості, то залізо окиснюється і випадає в осад;
- ✓ *тривалентне залізо* – таке залізо не розчиняється у воді й рідина спочатку має жовтуватий колір. При потраплянні кисню у воду в ній з'являється осад у вигляді пластівців;
- ✓ *органічні сполуки заліза* – вода з таким залізом має жовтий відтінок. Залізо в такій формі, як правило розчинне або має колоїдну форму;
- ✓ є ще «бактеріальне залізо» – воно проявляє себе у вигляді плівки на поверхні води.



Рис. 1.1. Форми заліза у воді

Концентрація заліза у кількості $0,3 \text{ мг/дм}^3$ надає воді неприємного смаку, обумовлює помутніння і випадання осаду. Гідрокарбонати заліза сприяють утворенню накипу. При значній концентрації заліза у воді розвиваються залізобактерії і залізисті водорості, які зменшують поперечний периметр труби, сприяють зменшенню пропускної спроможності її, іноді до повного закупорювання труб.

Метод знезалізнєння вибирають залежно від хімічного складу води, ступеня знезалізнєння, продуктивності станції, технологічних випробувань. *Найчастіше для знезалізнєння використовують безреагентний метод*, оскільки він простіший та дешевший [1, п. 10.21; 4, с. 167–170; 7, с. 254–258].

Якщо продуктивність станції до $3200 \text{ м}^3/\text{доб}$ та концентрація заліза до 5 мг/дм^3 , то застосовують установки за напірною схемою (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Схема напірної установки для знезалізнєння води

- 1 – компресор; 2 – повітрязбірник; 3 – редукційний клапан; 4 – подача вихідної води; 5 – змішувач; 6 – напірний фільтр; 7 – введення хлору для знезараження; 8 – резервуар чистої води

Потрібне для окиснення заліза повітря подає компресор. Витрати повітря для окиснення заліза, м³/год

$$Q_{\text{пов}} = q \cdot m \cdot C \cdot 10^{-3}, \quad (1.1)$$

де q – розрахункова продуктивність станції, м³/год;

m – витрати повітря на окиснення заліза (2 дм³ на 1 мг двовалентного заліза);

C – концентрація заліза, мг/дм³.

При наявності у вихідній воді вільної вуглекислоти більше 40 мг/дм³ та наявності сірководню перед напірним фільтром передбачається проміжна місткість із вільним виливом води в неї, а введення повітря в трубопровід не передбачається. Використовують напірні фільтри діаметром 1; 2; 3,4 м, завантажені кварцовим піском крупністю 0,8...1,8 мм, коефіцієнтом неоднорідності 1,5...2, товщиною шару 1 м, розрахунковою швидкістю фільтрування 5...7 м/год або крупністю 1...2 мм, товщиною шару 1,2 м та швидкістю фільтрування 7...10 м/год. Можуть навіть використовуватися фільтри із щебеневою засипкою крупністю 5...10 мм, товщиною шару 2,1 м, швидкістю фільтрування – до 20 м/год.

На станціях більшої продуктивності використовуються звичайні відкриті фільтри з кварцовою засипкою (рис. 1.3). Особливістю всіх цих фільтрів є те, що вихідна вода виливається суцільним струменем в боковий канал з висоти не менше 0,5 м. Для покращення аерації пропонується вилив із спеціального жолоба або дірчастої труби.

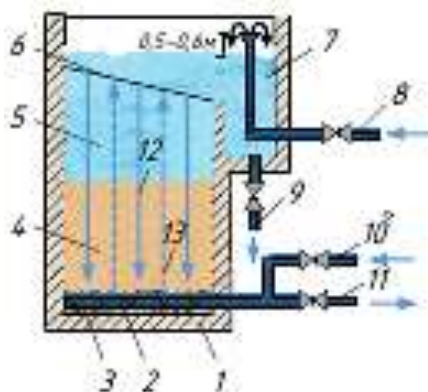


Рис. 1.3. Схема швидкого фільтра з піщаною засипкою

- 1 – корпус фільтра; 2 – нижня дренажно-розподільча система; 3 – підтримуючі шари з гравію (щебню); 4 – фільтруюча засипка; 5 – надфільтровий простір;
- 6 – верхня збірно-розподільча система (жолоби); 7 – боковий канал;
- 8 – трубопровід подачі води на фільтрування; 9 – трубопровід відведення промивної води; 10 – трубопровід подачі води на промивання; 11 – трубопровід відведення чистої води на РЧВ;
- 12 – напрямки руху потоків води при

Для знезалізнення вод із концентрацією заліза $5...15 \text{ мг/дм}^3$ застосовують послідовне двоступеневе фільтрування – спочатку через контактний фільтр, а потім – прояснювальний. Швидкість фільтрування на контактному фільтрі на $50...60\%$ більша, ніж на прояснювальному.

При концентрації заліза у вихідній воді до $40...50 \text{ мг/дм}^3$, сірководню – до $2...3 \text{ мг/дм}^3$, окиснюваності – до $30...40 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$ і при $\text{pH} > 6,8$ можливе використання установки «Струмінь» (рис. 1.4).

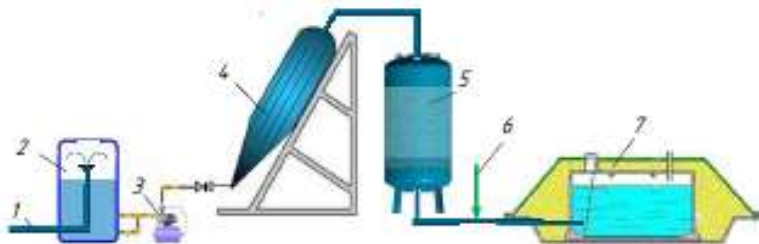


Рис. 1.4. Схема установки «Струмінь»

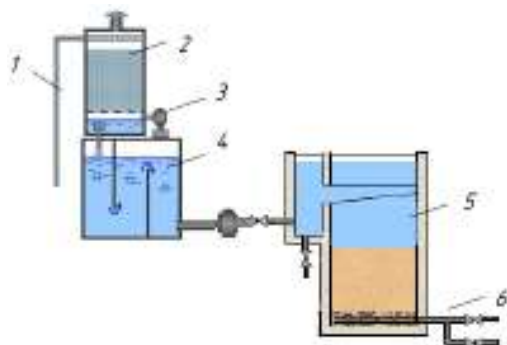
1 – подавання вихідної води; 2 – аераційний бак; 3 – насос; 4 – установка «Струмінь»; 5 – швидкий напірний фільтр; 6 – введення хлору для знезаражування; 7 – резервуар чистої води

Перед насосом, який подає воду на установку, встановлюється аераційний бак 2. Тривалість перебування води в баку $0,5...10,0$ хв, швидкість виходу води з насадки $1,5...2,0$ м/с. Для завантаження фільтра використовують пісок з крупністю зерен $0,8...2,0$ мм при товщині шару $1,5...1,8$ м, еквівалентному діаметрі зерен $0,8...2,0$ мм та коефіцієнті неоднорідності $2...3$. Продуктивність установки відрізняється від стандартних і коригується коефіцієнтами, наведеними в таблиці 5.2 [4]. Менше значення коефіцієнтів приймається при вищих концентраціях заліза.

При низьких значеннях рН передбачається підлогування вапном (за СаО) дозою $84...112 \text{ мг/дм}^3$ при $\text{pH} < 6$; $70...84 \text{ мг/дм}^3$ при $\text{pH} = 6,0...6,2$; $56...70 \text{ мг/дм}^3$ при $\text{pH} = 6,2...6,4$; $42...56 \text{ мг/дм}^3$ при $\text{pH} > 6,4$.

Метод знезалізнення підземних вод із великою концентрацією заліза передбачає глибоку аерацію на вентиляторних або контактних градирнях, закінчення процесу окиснення заліза в контактному резервуарі і наступному фільтруванні на відкритих фільтрах [4, с. 169–170]. При продуктивності установки до $75 \text{ м}^3/\text{год}$

використовуються контактні градирні, більший – вентиляторні.



**Рис. 1.5. Схема
установки з
вентиляторною
градирнею**

- 1 – подавання вихідної води;
- 2 – вентиляторна градирня;
- 3 – вентилятор;
- 4 – контактний резервуар;
- 5 – відкритий прояснювальний фільтр;
- 6 – введення знезалізненої води

Для видалення заліза з концентрацією до 25 мг/дм^3 і вище безреагентним методом розроблено установки, що складаються з вакуумно-ежекційного аератора та гідроавтоматичного пінополістирольного фільтра ([4], рис. 5.5) Якщо концентрація заліза до 10 мг/дм^3 , то можна використовувати не вакуумно-ежекційний аератор, а спрощену аерацію, розбризкуючи воду з висоти $0,5 \text{ м}$ на водну поверхню в регуляторі швидкості фільтрування. Як засипку у фільтрах застосовують пінополістирол крупністю $0,5...1,0 \text{ мм}$ шаром товщиною $0,5...0,7 \text{ м}$. Швидкість фільтрування встановлюють до 4 м/год при наявності шару завислого гідроксиду заліза і до $7...10 \text{ м/год}$ без нього. Інтенсивність промивання засипки приймається – $10...14 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$, а тривалість промивання – $3...4$ хвилини.

Метод знезалізнення «Віредокс» полягає в закачуванні у водоносний пласт нагнітальною свердловиною попередньо проаерованої води. Внаслідок цього окиснення заліза проходить у водоносному пласті і там же проходить затримання гідроксиду заліза. Знезалізнена вода забирається звичайною водозабірною свердловиною.

В умовах, коли не можуть бути застосовані аераційні методи, використовують реагентні методи. Розрахункові дози реагентів окиснювачів призначають:

$$\begin{aligned} \text{хлору, мг/дм}^3 & - & D_{\text{хл}} &= 0,7 (Fe^{2+}), \\ \text{перманганату калію, мг/дм}^3 & - & D_{\text{п.к}} &= (Fe^{2+}). \end{aligned}$$

Введення реагентів – окиснювачів слід проводити безпосередньо в подавальний трубопровід перед фільтрами.

Розрахунок установки для знезалізнення води методом аерації та напірного фільтрування (рис. 1.2)

1. Необхідна площа фільтрів визначається згідно з [1, п.10.12.4; 2, п. 7.95]

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T_{ct} \cdot V_n - n_{np} \cdot q_{np} - n_{np} \cdot t_{np} \cdot V_n}, \text{м}^2 \quad (1.2)$$

де Q – корисна продуктивність станції, $\text{м}^3/\text{доб}$;

T_{ct} – тривалість роботи станції упродовж доби, год;

V_n – розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі, $\text{м}/\text{год}$, приймається згідно з [1, табл.21; 2, табл. 27] або додатку А;

n_{np} – кількість промивань одного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації, приймаємо $n_{np} = 1 \dots 3$;

q_{np} – питомі витрати на одне промивання одного фільтра

$$q_{nut} = 0,06 \cdot \omega \cdot t, \text{м}^3/\text{м}^2 \quad (1.3)$$

ω – інтенсивність промивання, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, приймається згідно з [1, табл. 23; 2, табл.29] або додатку Б;

t – тривалість промивання, хв, приймається згідно з [1, табл. 23; 2, табл.29] або додатку Б;

t_{np} – час простою фільтра у зв'язку із промиванням, приймається згідно з [1, п. 10.12.4; 2, п. 7.95], для фільтрів, що промиваються водою – 0,33 год, водою та повітрям – 0,5 год.

2. Напірні фільтри мають стандартні діаметри, наведені в додатку В. Площа фільтра f_I наведена в додатку В.

3. Загальна кількість робочих фільтрів визначається

$$n_{\phi} = \frac{F}{f_I}, \text{шт.}, \quad (1.4)$$

де F – необхідна загальна площа фільтрів, м^2 ;

f_I – площа одного фільтра, м^2 додаток М.

Кількість робочих фільтрів заокруглюється до цілого в більшу сторону й повинна бути згідно з [1, п. 10.12.5; 2, п. 7.96] не менше 2.

При цьому в форсованому режимі швидкість фільтрування повинна бути не більше

$$V_{\phi}^{\phi} = V_{\phi}^n \frac{n_{\phi}}{n_{\phi} - 1}, \text{м} / \text{год.} \quad (1.5)$$

4. Фактична площа фільтрів

$$F_{\phi} = n_{np} \cdot f_I, \text{ м}^2. \quad (1.6)$$

5. Витрати повітря на одне промивання

$$q_{нов} = 60 \cdot \omega_{нов} \cdot f_I \cdot t_{нов} \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (1.7)$$

де $\omega_{нов}$ – інтенсивність продування повітрям, л/(с·м²), приймається згідно з [1, п. 10.12.19; 2, п. 7.111];

f_I – площа фільтра, м²;

$t_{нов}$ – тривалість подавання повітря, хв., приймається згідно з [1, п. 10.12.19; 2, п. 7.111].

5. Для промивання фільтра необхідні витрати води

$$q_{np} = \omega \cdot f_I \cdot 3,6, \text{ м}^3 / \text{год}. \quad (1.8)$$

де ω – інтенсивність промивання, л/(с·м²), приймається згідно з [1, табл. 23; 2, табл.29] або додатку Б;

6. Для подачі цих витрат води слід підібрати насос марки К згідно з додатком 5 [4] або додатком Г.

7. Витрати повітря для окиснення заліза, м³/год, визначаються за формулою 1.1

8. Передбачаються два повітрозбірники, які працюють також почергово. Об'єм повітря в одному повітрозбірнику повинен бути

$$W_{нов} = Q_{нов} + 4 q_{нов}, \text{ м}^3. \quad (1.9)$$

8. Повітря подає в ці збірники компресор (Q_k, P_I). В кінці продування тиск повітря повинен бути $P_2 = 0,15$ МПа.

9. Місткість повітрозбірника

$$W = \frac{W_{нов}}{10(P_I - P_2)}, \text{ м}^3. \quad (1.10)$$

Розрахунок установки для знезаражування води

Воду, звичайно, знезаражують на заключному етапі очищення перед потраплянням води в резервуари чистої води, які одночасно виконують функції контактних камер. Для знезаражування води застосовують такі методи:

- *безреагентні* — термічна обробка, ультрафіолетове опромінювання, обробка ультразвуком;
- *реагентні*, що ґрунтуються на введенні сильних окиснювачів (хлор та його похідні, озон, перманганат калію) та іонів срібла.

Сильні окиснювачі руйнують ферменти бактеріальних клітин, а іони срібла мають олігодинамічну дію.

Метод вибирають залежно від кількості та якості вихідної води, методів її попереднього очищення, вимог до надійності знезаражування (дезінфекції), з урахуванням техніко-економічних показників, умов постачання реагентів, наявності транспорту, можливості автоматизації процесів тощо.

Хлорування продовжує залишатися найпоширенішим способом обробки води в світі, оскільки хлор є дезінфектантом пролонгованої дії, присутність якого у воді виключає можливість її повторного зараження при транспортуванні споживачам. При цьому може використовуватись рідкий хлор, хлорне вапно, гіпохлорит натрію, діоксид хлору.

Застосування рідкого хлору вимагає неухильного дотримання «Правил з виробництва, транспортування, зберігання і споживання хлору» (ПБ 09-594-03), в зв'язку з чим витрати на забезпечення заходів безпеки при використанні рідкого хлору багаторазово перевищують витрати на саме хлорування. Витрати ж на ліквідацію наслідків можливої розгерметизації багатотонних запасів рідкого хлору взагалі не передбачені.

Розрахунок установки для знезаражування води рідким хлором наведено у [4, с. 179-180].

Альтернативою рідкому хлору є технічний розчин гіпохлориту натрію (ГХН) найчастіше марки А з концентрацією по активному хлору 190 г/дм^3 , який є найкращим реагентом на стадії попереднього окиснення і подальшого знезараження питної води перед подаванням її в розподільну мережу. Тому в останні роки водоканали України перейшли на знезаражування води гіпохлоритом натрію, найчастіше марки А ГОСТ 11086-76 (технічні умови використання узгоджені в Україні).

Цей реагент отримують електрохімічним шляхом за допомогою електролізу розчину вивареної солі. При цьому внаслідок протікання реакцій на електродах утворюється розчин гіпохлориту натрію NaOCl .

Схема установки отримання гіпохлориту натрію NaClO наведена на рис. 1.6.

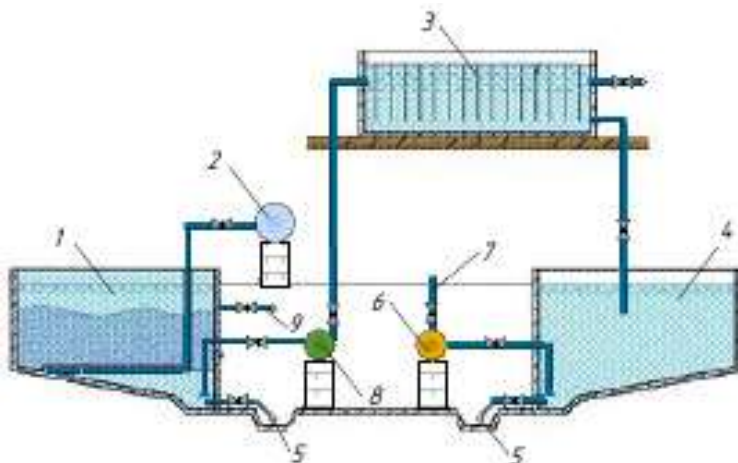


Рис. 1.6. Схема установки отримання гіпохлориту натрію
 1 – бак мокрою зберігання солі; 2 – повітрядувка; 3 – електролізер; 4 – бак зберігання гіпохлориту натрію; 5 – скид в каналізацію; 6 – насос-дозатор; 7 – подавання гіпохлориту натрію до місця введення; 8 – насос; 9 – подавання вихідної води

Таблиця 1.1.

Стехіометрична кількість активного хлору для окиснення

Розчинна речовина 1 мг/дм ³	Од. вим	Кількість активного хлору
Залізо Fe ²⁺ (K _{Fe})	мг/дм ³	0,67
Марганець Mn ²⁺ (K _{Mn})	мг/дм ³	1,3
Сірководень H ₂ S (K _{св})	мг/дм ³	2,1
Нітрити (K _N)	мг/дм ³	1,54
Перманганатна окисність, мгО/дм ³ [1, табл. 29; 2, додаток 5]		Доза хлора, мг/дм ³
8 – 10		4 – 8
10 – 15		8 – 12
15 – 25		12 – 14

1. Необхідна доза гіпохлориту натрію (ГХН) при відсутності даних технологічних випробувань на весь об'єм води

$$D_{ax} = q \cdot \left(Fe^{2+} \cdot K_{Fe} + Mn^{2+} \cdot K_{Mn} + H_2S \cdot K_{св} + \right. \\ \left. + ПМО \cdot K_{ПМО} + D_{зн} \right), \text{мг} / \text{дм}^3 \quad (1.11)$$

де q – витрати води, м³/год;

K_{Fe} , K_{Mn} , $K_{св}$, $K_{ПМО}$ – витрати активного хлору, відповідно, на

окиснення 1 мг заліза, марганцю, сірководню, перманганатної окисності (табл. 1.1), мг/дм³;

Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S , ПМО – концентрації у воді заліза, марганцю, сірководню, перманганатної окисності, мг/дм³;

D_{zn} – доза гіпохлориту натрію, необхідна для знезаражування води (зменшення органічних речовин), приймається 0,5...1 мг/дм³.

2. Концентрація реагентів: вихідна концентрація (вміст активного хлору) $C_{NaClO} = 190$ г/дм³, робочий розчин – це, звичайно, 1%-розчин – 10 г активного хлору на 1 дм³ води. Якщо потрібен інший відсоток %, то густину можна визначити за таблицею 1.2.

Таблиця 1.2.

Густина водного розчину гіпохлориту натрію ГХН

Вміст			Густина, ρ , г/дм ³	Вміст			Густина, ρ , г/дм ³
актив-ного хлору, г/дм ³	α , %	надлишкового NaOH, г/дм ³		актив-ного хлору, г/дм ³	α , %	надлишкового NaOH, г/дм ³	
10	1	3,0	1020	110	11	8,0	1160
20	2	3,5	1040	120	12	8,5	1170
30	3	4,0	1050	130	13	9,0	1180
40	4	4,5	1070	140	14	9,5	1200
50	5	5,0	1080	150	15	10,0	1210
60	6	5,5	1090	160	16	10,5	1220
70	7	6,0	1110	170	17	11,0	1240
80	8	6,5	1120	180	18	11,5	1250
90	9	7,0	1130	190	19	12,0	1260
100	10	7,5	1150	200	20	12,5	1270

3. Об'єм розчину, який слід приготувати, визначаємо

$$m_p = W_p \cdot \rho, \text{г} \quad (1.12)$$

де W_p – необхідний робочий об'єм ГХН, дм³ (задається викладачем).

4. Кількість хлору, що знаходиться в даному розчині концентрацією 1%

$$n_{Cl} = m_p \cdot \alpha_1 / 100, \text{г} \quad (1.13)$$

де $\alpha_1 = 1\%$ – концентрація робочого розчину.

Така ж кількість хлору повинна утримуватись й у товарному продукті, тобто

$$n_{T.Cl} = n_{Cl} \quad (1.14)$$

5. Маса товарного розчину ГХН заданою концентрацією (задається викладачем)

$$m_{\text{гхн}} = n_{\text{Cl}} \cdot 100 / \alpha_n, \text{г} \quad (1.15)$$

де α_n – вміст активного хлору, %.

6. Об'єм необхідного товарного розчину ГХН

$$W_{\text{гхн}} = m_{\text{гхн}} / \rho_{\text{вих}}, \text{дм}^3 \quad (1.16)$$

де $\rho_{\text{вих}}$ – густина розчину при $C_{\text{NaClO}} = 190 \text{ г/дм}^3$, г/дм^3 .

7. Добові витрати ГХН

$$Q_{\text{д. Cl}} = D_{\text{ак}} / 1000, \text{кг/доб.} \quad (1.17)$$

8. Гіпохлорит натрію готують з розчину вивареної солі електролітичним способом (електролітичні установки ЭН-1, ЭН-5, ЭН-25, ЭН-100, характеристики установок наведені в додатку Д).

9. Прийняти електролізер згідно розрахунку за добовими витратами ГХН.

10. Необхідна кількість вивареної солі

$$Q_c = q_{\text{нм.с}} \cdot Q_{\text{д. Cl}}, \text{кг/доб.} \quad (1.18)$$

де $q_{\text{нм.с}}$ – питомі витрати солі на 1 кг активного хлору, кг (додаток Д).

11. Слід передбачати мокре зберігання солі. Місткість баку мокрого зберігання солі $w_{\text{п.б.}} = 1,5 \text{ м}^3$ на 1 т солі. Кількість баків не менше двох. На складі зберігається 30-добовий запас (Т). Бак-накопичувач повинен вмішувати об'єм гіпохлориту натрію, якого вистачить для роботи не менше ніж на 12 год (т).

12. Місткість баку

$$W_{\text{м.б.}} = w_{\text{п.б.}} \cdot Q_c \cdot T \cdot 10^{-3}, \text{м}^3 \quad (1.19)$$

13. Місткість баку-накопичувача гіпосульфиту

$$W_{\text{б-н}} = \frac{q_{\text{вод}} \cdot t \cdot D_{\text{гхн}}}{10000 \cdot C_{\text{гхн}} \cdot \rho}, \text{м}^3 \quad (1.20)$$

де $q_{\text{вод}}$ – витрати води, $\text{м}^3/\text{год}$; $t = 8 \dots 12$ год – час повного циклу приготування розчину; $D_{\text{гхн}}$ – доза ГХН на одиницю об'єму, мг/дм^3 ;

$C_{\text{гхн}}$ – концентрація розчину ГХН, %; ρ – густина розчину, т/м^3 .

Вибір технологічної схеми прояснення та знебарвлення води

Вибір складу споруд здійснюють на основі техніко-економічних обґрунтувань, в залежності від необхідної пропускної спроможності, від якості води поверхневого джерела, вимог до води споживачів та позитивного досвіду експлуатації споруд, які працюють в аналогічних умовах.

За принципом течії води в спорудах водоочисної станції системи поділяють на самотісні й напірні. В самотісних спорудах вода тече внаслідок дії сили тяжіння у відкритих спорудах, а рівень води в кожній наступній споруді нижче чим у попередній. У напірних спорудах вода тече спорудами закритого типу під тиском, що створює насос. Усі споруди можуть бути розташовані на одному рівні. Напірні споруди, звичайно, використовуються на станціях підготовки води для технічних потреб та на станціях підготовки питної води невеликої продуктивності.

Для підготовки води питної якості можуть бути прийняті тільки ті методи, для яких отримано позитивні гігієнічні висновки. Попередній вибір основних споруд для прояснення та знебарвлення поверхневих вод здійснюється на основі їх кількісних показників та рекомендацій [1, табл.16] або додатку Ж.

Складання попередньої висотної схеми станції прояснення та знебарвлення води

Висотна схема водоочисної станції складається у відповідності із рельєфом майданчика і представляє собою безмасштабний поздовжній профіль, на якому показуються всі технологічні споруди з позначками рівнів води в них.

Безреагентний метод використовують для очищення каламутних та малокольорових вод. Основними спорудами в цьому методі є повільні фільтри (рис. 1.7).

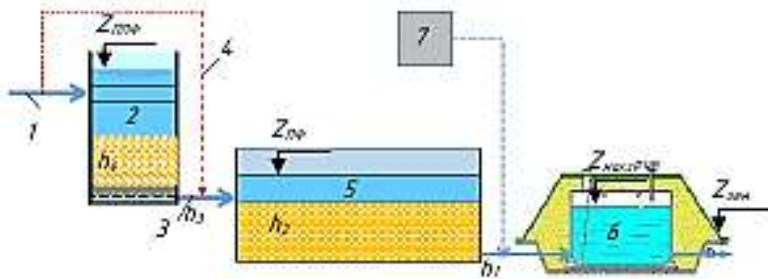


Рис. 1.7. Висотна схема споруд при безреагентному проясненні та знебарвленні води

- 1 – подавання вихідної води; 2 – попередній фільтр; 3 – відведення попередньо проясненої води; 4 – подавання вихідної води при каламутності менше 50 мг/дм^3 ; 5 – повільний фільтр; 6 – резервуар чистої води; 7 – періодичне уведення окиснювача

На кафедрі водопостачання, водовідведення та бурової справи НУВГП була розроблена технологічна схема (рис. 1.8) для очищення малокаламутних кольорових вод.

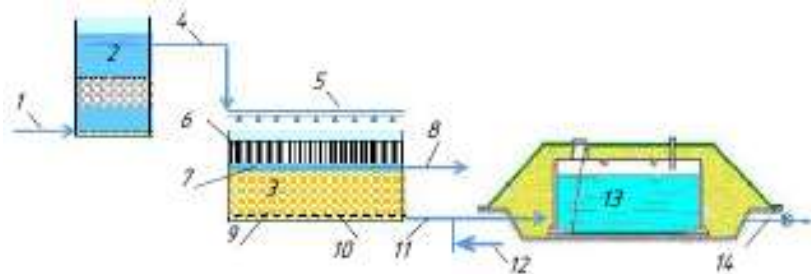


Рис. 1.8. Технологічна схема очищення малокаламутних і кольорових вод біопоглиначем

- 1 – подавання вихідної води; 2 – пінополістирольний фільтр; 3 – піщаний фільтр біопоглиначем; 4 – подавання попередньо проясненої води; 5 – розбризкуючий пристрій; 6 – біопоглинач; 7 – збірна система; 8 – відведення промивної води; 9 – піщана засипка; 10 – нижня розподільча система; 11 – відведення очищеної води; 12 – подавання промивної води; 13 – резервуар чистої води; 14 – насосна станція другого підняття

Малокаламутні та кольорові води можна очищати за одноступеневими реагентними схемами. При *каламутності* води до 120 мг/дм^3 і *кольоровості* до 120 град ПКШ використовують схему з контактними прояснювачами (рис. 1.9, а).

При *каламутності* вихідної води до 100 мг/дм^3 та *кольоровості* до 100 град ПКШ можна використовувати схему з контактними пінополістирольними або пінополістирольно – вугільними фільтрами (рис. 1.9, б).

Двоступеневі реагентні схеми використовуються при каламутності вихідної води до 1500 мг/дм^3 та кольоровості до 120 град ПКШ (рис. 1.10)

При продуктивності станції до $5000 \text{ м}^3/\text{доб}$ рекомендується схема з вертикальними відстійниками (перша ступінь очищення) і швидкими фільтрами (друга ступінь очищення) (рис. 1.10, а).

В інтервалі продуктивності від 5000 до $30000 \text{ м}^3/\text{доб}$ замість відстійників широко використовують прояснювачі із шаром завислого осаду (рис. 1.10, б).

При продуктивності станції більше $30000 \text{ м}^3/\text{доб}$ замість вертикальних використовують горизонтальні відстійники (рис. 1.10, в).

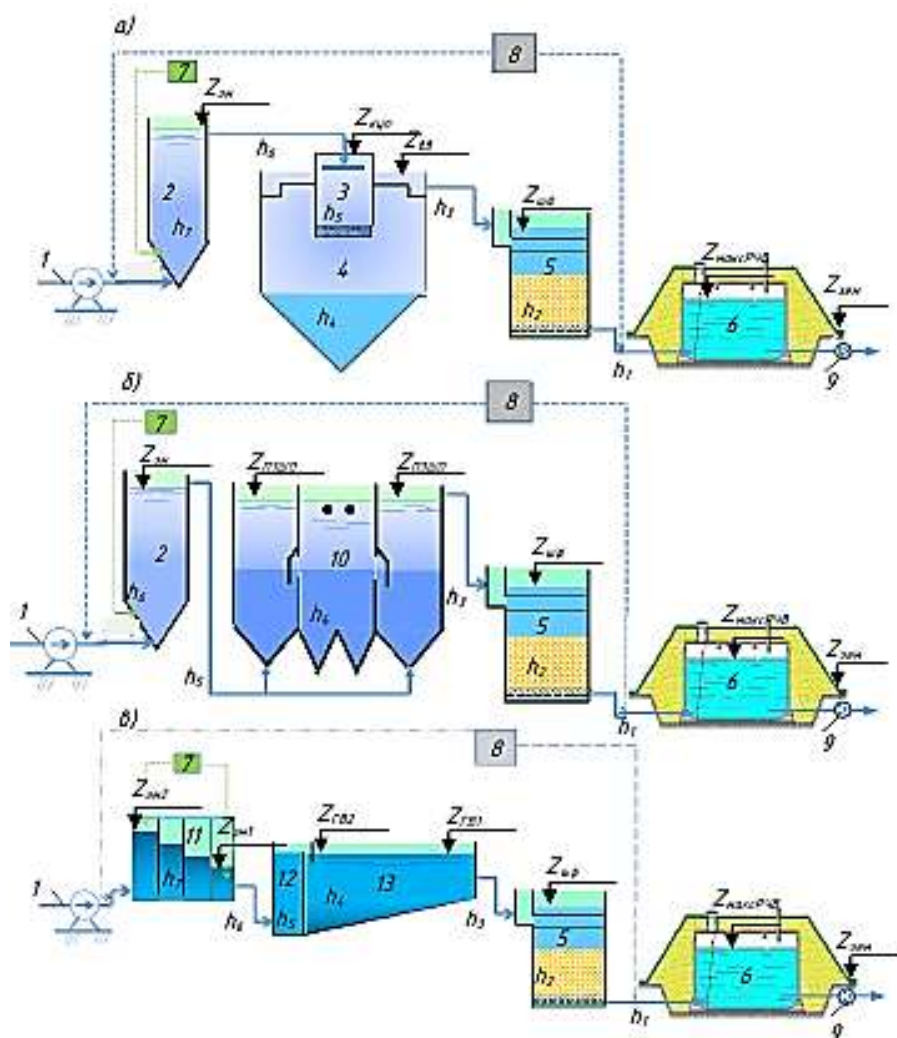


Рис. 1.10. Двоступеневі реагентні схеми очищення води

- а – з вертикальними відстійниками; б – з прояснювачами із шаром завислого осаду; в – з горизонтальними відстійниками;
 1 – подавання вихідної води; 2 – вертикальний змішувач; 3 – камера утворення пластівців водоворотного типу; 4 – вертикальний відстійник; 5 – швидкий фільтр;
 6 – резервуар чистої води; 7 – реагентне господарство; 8 – хлораторна;
 9 – насосна станція другого підйому; 10 – прояснювач із шаром завислого осаду;
 11 – перегородчастий змішувач; 12 – камера утворення пластівців;
 13 – горизонтальний відстійник

При визначенні попередніх відміток води в технологічних схемах розрахунків відміток починають з кінця схем. За вихідну відмітку приймається відмітка максимального рівня води в РЧВ, яка, як правило, перевищує відмітку поверхні землі біля нього на 0,5 – 1,0 м. Позначки рівнів води в технологічних спорудах визначаються з урахуванням втрат напору в них та з'єднувальних комунікаціях, які для попередніх розрахунків приймаються згідно з [1, п.10.28] або додатку К. Після розрахунку технологічних споруд та з'єднувальних комунікацій уточнюються втрати напору в них та відмітки рівнів води.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ТА ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ

1. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 180с. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1084> (дата звернення 24.12.2019).
2. ВБН 46/33 – 2.5 – 5 – 96. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. К., 1996. 152 с.
3. ДержСанПіН 2.2.4 – 171 – 10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Наказ № 400 Мінохорони здоров'я від 12.05. 2010р., 2010. 32с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення 24.12.2019).
4. Орлов В. О., Зошук А. М. Проектування систем сільськогосподарського водопостачання. – Рівне: НУВГП, 2005. 252 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2249/> (дата звернення 24.12.2019).
5. Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Орлова А. М. Проектування станцій прояснення та знебарвлення води. Рівне : НУВГП, 2007. 152 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2251/> (дата звернення 24.12.2019).
6. Орлов В. О., Орлова А. М., Зошук В. О. Технологія підготовки питної води. Рівне : НУВГП, 2010 176 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2712/1/1.%20Tehnol.pidgot.vodi%20zah.pdf/> (дата звернення 24.12.2019).

7. Орлов В. О., Тугай Я. А., Орлова А. М. Водопостачання та водовідведення : підручник. К. : Знання, 2011. 359 с.
8. Інструкція із застосування гіпохлориту натрію для знезараження води в системах централізованого питного водопостачання та водовідведення. К. : Мінжитлокомунгосп., 2015. 9 с.
9. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75). URL: <http://lib.nuwm.edu.ua/> (дата звернення: 06.06.2019).
10. Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи НУВГП. URL: <http://nuwm.edu.ua/nni-ba/kaf-vvbs> (дата звернення: 24.12.2019).

ДОДАТКИ

Додаток А

Характеристика фільтруючого шару швидких фільтрів і швидкість фільтрування [1, табл. 21]

Фільтри	Характеристика фільтруючого шару					Швидкість фільтрування, м/год	
	Матеріал завантаження	Діаметр зерен, мм		Коеф. неоднорідності	Висота шару, м	при нормальному режимі	при форсованому режимі
		мін	мах				
Одношарові	Кварцевий пісок	0,5	1,2	1,8-2,0	0,7-0,8	5-6	6-7,5
		0,7	1,6	1,6-1,8	1,3-1,5	6-8	7-9,5
		0,8	2,0	1,5-1,7	1,8-2,0	8-10	10-12
	Подрібнений керам-зит	0,5	1,2	1,8-2,0	0,7-0,8	6-7	7-9
		0,7	1,6	1,6-1,8	1,3-1,5	7-9,5	8,5-11,5
		0,8	2,0	1,5-1,7	1,8-2,0	9,5-12	12-14
Двошарові	Кварцевий пісок	0,5	1,2	1,8-2,0	0,7-0,8	7-10	8,5-12
	Подрібнений керам-зит або антра-цит	0,8	1,8	1,6-1,8	0,4-0,5	7-10	8,5-12
Тришарові	Активоване вугілля	3	5	1,5	0,3	10-12	12-15
	Антра-цит	1,25	3,15	1,5	1,25		
	Кварцевий пісок	0,8	1,2	1,5	0,5		

Примітки. **1.** Розрахункові швидкості фільтрування в зазначених межах приймаються в залежності від якості води в джерелі водопостачання, технології її обробки перед фільтруванням та іншими місцевими умовами. При очищенні води для питного водопостачання приймаються менші значення швидкостей фільтрування. **2.** При використанні фільтрів у схемах очищення води двоступінчастим фільтруванням швидкості фільтрування приймаються на 10-15% більше. **3.** Одношарові швидкі фільтри з крупністю завантаження від 0,8мм до 2мм застосовуються тільки для виробничого водопостачання. **4.** Допустиме відхилення крупності завантаження фільтрів приймається не більше ніж 10%.

Додаток Б

Параметри промивання фільтруючого завантаження [1, табл. 23]

Матеріал завантаження	Інтенсивність промивання, л/(с·м ²)		Тривалість промивання, хв		Величина відносного розширення завантаження, %
	вода	повітря	вода	повітря	
Одношарові фільтри					
Кварцевий пісок діаметром D, мм 0,5-1,2	12-14	-	6	-	45
0,7-1,6	14-16	-	6	-	30
0,8-2,0	16-18	-	6	-	25
Двошарові фільтри					
Подрібнений керамзит, кварцевий пісок	14-16	-	7-6	-	50
Тришарові фільтри					
Активоване вугілля, антрацит, кварцевий пісок	19-21	-	3		45
	-	14-17	-	5	
	19-21	-	5	-	

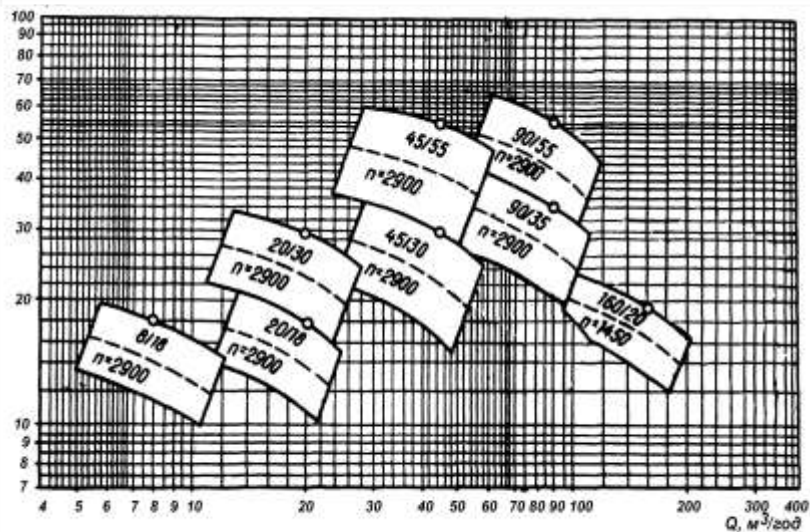
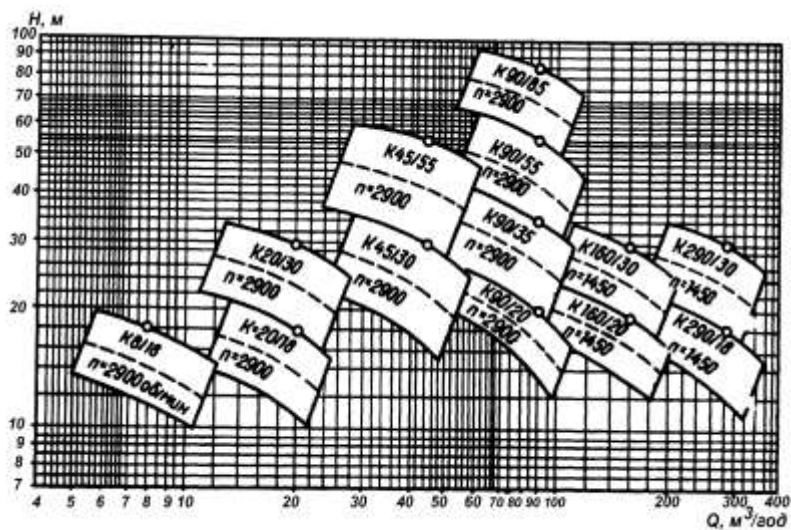
Примітки. 1. Більшим значенням інтенсивності промивання відповідають менші значення тривалості. 2. Для тришарових фільтрів наведені параметри промивання завантаження, яке здійснюється у три фази. 3. При застосуванні нерухомих пристроїв для верхнього промивання інтенсивність промивання приймається від 3 л/(с·м²) до 4 л/(с·м²), напір від 30м до 40м включно, тривалість – від 5 хв до 8 хв включно, із них 2 хв до 3 хв до проведення нижнього промивання. Розподільні труби нерухомих пристроїв для верхнього промивання розташовують на відстані від 60 мм до 80 мм від поверхні завантаження з кроком від 700 мм до 1000 мм. Відстань між отворами в розподільних трубах або між насадками приймається від 80 мм до 100 мм включно. При обертовому пристрої інтенсивність промивання приймається від 0,5 л/(с·м²) до 0,75 л/(с·м²), напір від 40 м до 45 м включно.

Додаток В

Площі фільтрування стандартних фільтрів залежно від діаметра

Діаметр фільтра, мм	700	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площа фільтрування f_1 , м ²	0,385	0,785	1,767	3,14	5,307	7,065	9,075

Зведені характеристики Q-H насосів типу К та КМ



Додаток Д

Технічна характеристика електролітичних установок

Характеристика вузла або установки	Електролізер		
	ЭН-1	ЭН-5	ЭН-25
Продуктивність по активному хлору, кг/доб	1,0	5,0	25
Питомі витрати солі на 1 кг активного хлору, кг	12-15	12-15	8-9
Тривалість циклу електролізу, год	0,75-1,0	8-9	10-12
Необхідна кількість циклів зв добу	2-4	2	2
Концентрація активного хлору в розчині, г/дм ³	5-7	6-8	10-12
Робоча напруга на ванні, В	40-42	40-42	55-65
Робочий струм, А	55-65	55-65	130-140
Питомі витрати електроенергії на 1 кг активного хлору, кВт×год	7-9	7-9	8-10

Додаток Ж

Рекомендації для попереднього вибору споруд прояснення та знебарвлення води [1, табл.16]

Тип основних споруд та установок	Умови застосування				Продуктивність станцій, м³/добу
	Каламутність, НОК (мг/дм³)		Забарвленість, град		
	вихідна вода	очищена вода	вихідна вода	очищена вода	
Оброблення води із застосуванням коагулянтів і флокулянтів					
Швидкі фільтри (одноступінчасте фільтрування): а) напірні	не більше ніж 52 (30)	не менше ніж 2,6 (1,5)	не більше ніж 50	не менше ніж 20	до 30000 включ.
б) безнапірні (відкриті)	те саме 34 (20)	те саме 2,6 (1,5)	те саме 50	те саме 20	до 50000 включ.
Ультрафільтраційні установи	те саме 138 (80)	те саме 0,17 (0,1)	те саме 120	те саме 4	те саме
Вертикальні відстійники та фільтри	те саме 2586 (1500)	те саме 2,6 (1,5)	те саме 120	те саме 20	до 5000 включ.
Горизонтальні відстійники та фільтри	те саме 2586 (1500)	те саме 2,6 (1,5)	те саме 120	те саме 20	понад 30000
Контактні префільтри та фільтри (двоступінчасте фільтрування)	те саме 517 (300)	те саме 2,6 (1,5)	те саме 120	те саме 20	будь-яка
Прояснювачі із завислим осадом та фільтри	не менше ніж 86 (50) до 2586 (1500) включ.	те саме 2,6 (1,5)	те саме 120	те саме 20	понад 5000

Продовження додатку Ж

Тип основних споруд та установок	Умови застосування				Продуктивність станцій, м³/добу
	Каламутність, НОК (мг/дм³)		Забарвленість, град		
	вихідна вода	очищена вода	вихідна вода	очищена вода	
Двоступеневі відстійники та фільтри	те саме 2586 (1500)	те саме 2,6 (1,5)	те саме 120	те саме 20	будь-яка
Контактні прояснювачі	не більше ніж 204 (120)	те саме 2,6 (1,5)	те саме 70	те саме 20	будь-яка
Горизонтальні відстійники та прояснювачі із завислим осадом для часткового прояснення води	те саме 2586 (1500)	від 14(8) до 26 (15) включ.	те саме 120	те саме 40	будь-яка
Крупнозерністі фільтри для часткового прояснення води	те саме 138 (80)	не менше ніж 17 (10)	те саме 120	те саме 30	будь-яка
Радіальні відстійники для попереднього прояснення висококаламутних вод	понад 2586 (1500)	те саме 431 (250)	те саме 120	те саме 20	будь-яка
Оброблення води без застосування коагулянтів і флокулянтів					
Ультрафільтраційні установки	не більше ніж 52 (30)	не менше ніж 1,7 (1,0)	не більше ніж 50	не менше ніж 2	будь-яка
Крупнозерністі фільтри для часткового прояснення води	те саме 259 (150)	30% - 50% вихідної	те саме 120	така ж, як вихідна	будь-яка
Радіальні відстійники для часткового прояснення води	понад 2586 (1500)	30% - 50% вихідної	те саме 120	те саме	будь-яка
Установки з повільними фільтрами з механічною або гідравлічною регенерацією піку	не більше ніж 2586 (1500)	2,6 (1,5)	те саме 50	не менше ніж 20	будь-яка

Примітки. **1.** Каламутність зазначена сумарна (вихідної води та від введення реагентів). **2.** Прояснювачі із завислим осадом застосовуються при рівномірній подачі води на споруди або поступові зміни/збільшенні їх продуктивності витрати води в межах не більше ніж 15% за 1 год і коливанні температури води не більше ніж ± 1 С за 1 год. **3.** При ультрафільтрації використовуються мембрани з розміром пор від 0,01 мкм до 0,1 мкм при робочому тиску до 0,5 МПа. **4.** При знебарвленні води із застосуванням коагулянтів і флокулянтів використовуються мембрани з розміром пор від 0,01 мкм до 0,02 мкм. При проясненні та знебарвленні води без застосування коагулянтів і флокулянтів використовуються мембрани з відсіканням за молекулярною масою не більше ніж 15 кДа до 20 кДа.

Втрати напору у спорудах і з'єднувальних комунікаціях
[1, п.10.28]

у спорудах	
- на барабанних сітчастих фільтрах (барабанних сітках і мікрофільтрах)	0,4 – 0,6
- у вхідних (контактних) камерах	0,3 – 0,5
- у пристроях введення реагентів	0,1 – 0,3
- у гідравлічних змішувачах	0,5 – 0,6
- у механічних змішувачах	0,1 – 0,2
- у гідравлічних камерах утворення пластівців осаду	0,4 – 0,5
- у механічних камерах утворення пластівців осаду	0,1 – 0,2
- у відстійниках	0,7 – 0,8
- у прояснювачах із шаром завислого осаду (ПЗШО)	0,7 – 0,8
- на швидких фільтрах	3,0 – 3,5
- у контактних прояснювачах і префільтрах	2,0 – 2,5
- у повільних фільтрах	1,5 – 2,0
- у пристроях УФ-знезаражування	0,5 – 0,8
у з'єднувальних комунікаціях	
- від барабанних сітчастих фільтрів або вхідних камер до змішувачів	0,2
- від змішувачів до відстійників, прояснювачів із шаром завислого осаду (ПЗШО) і контактних прояснювачів	0,3 – 0,4
- від відстійників, прояснювачів із шаром завислого осаду (ПЗШО) або префільтрів до фільтрів	0,5 – 0,6
- від фільтрів або контактних прояснювачів до резервуарів фільтрованої води	0,5 – 1,4